维普资讯 http://www.cqvip.com

动 物 学 研 究 2004, Oct. 25 (5): 422-428 CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research

用非离子去垢剂抽提获得的小游仆虫皮层细胞骨架的构形

朱 慧[1], 邹士法[2], 李艺松[1], 倪 兵[1], 顾福康[1,*]
(1. 华东师范大学 生命科学学院, 上海 200062; 2. Department of Molecular Microbiology & Immunology, School of Public Health, Johns Hopkins University, Baltimore, MD 21205, U.S.A.)

摘要: 由扫描电镜术显示, 应用非离子去垢剂抽提获得的小游仆虫 (*Euplotes gracilis*) 皮层细胞骨架是由非纤毛区皮层骨架、纤毛器骨架及其附属纤维等构成的三维结构网架。各类细胞骨架以纤维物质为基本成分组成纤维网、纤维层、纤维束和纤维薄片等不同形态单元。其中: 非纤毛区皮层骨架以表面纤维网和表膜下纤维层为形态单元位于细胞的外周层; 纤毛器骨架中的口围带骨架、口侧膜骨架、额腹横棘毛骨架按各自的分布图式在皮层内定位, 成为主要的皮层骨架结构。尽管这些纤毛器骨架显示不同的形态, 但却具有相同的建构特征, 即都是由纤毛器的毛基体、纤毛器托架和骨架附属纤维相互联系镶嵌在一起形成的相对独立的结构单元。分析推测, 游仆虫皮层表面纤维网使细胞表面形成区域化结构, 它也可能与细胞表面各部分的联系及其细胞与环境的相互作用有关; 纤毛器骨架中各个纤毛器的毛基体复合结构可能对纤毛器托架和骨架附属纤维等起到微管组织中心的作用。

关键词: 小游仆虫; 表面纤维网; 毛基体; 纤毛器骨架; 骨架附属纤维
中图分类号: Q21; Q959.117 **文献标识码:** A **文章编号:** 0254-5853(2004)05-0422-07

Cortical Cytoskeleton of *Euplotes gracilis* (Protozoa, Ciliophora) by Non-Ionic Detergent Extraction

ZHU Hui[1], ZOU Shi-fa[2], LI Yi-song[1], NI Bing[1], GU Fu-kang[1,*]
(1. *College of Life Science, East China Normal University, Shanghai* 200062, *China*; 2. *Department of Molecular Microbiology & Immunology School of Public Health, Johns Hopkins University, Baltimore, MD* 21205, *U.S.A.*)

Abstract: By means of non-ionic detergent extraction and scanning electron microscopy, it was shown that the cortical cytoskeleton is a three-dimension network composed of non-ciliaed-regional skeleton, ciliature skeleton and skeleton-associated fibers in *Euplotes gracilis*. All kinds of the skeleton are made up of the fibers forming fiber net, layer, band, sheet and other structural units. The non-ciliaed cortical skeleton is composed of the surface fiber net and the sub-pellicular fiber layer located in the cortical periphery. The ciliature skeletons, i. e. adoral zone of membranelles skeleton, paroral membrane skeleton and frontal-ventral-transverse cirri skeleton, are located in the cortex according to their corticotype and form an elementary part of the ventral cytoskeleton. Although these skeletons manifested different appearances, they possessed identical structure, namely a functional unit formed by the kinetosomes, ciliature bracket and skeleton-associated fibers. It was supposed that the fiber net forming the regional structures on the cell surface might play a role in connection of the surface parts and in the interaction between the cell and its environment. In ciliature cytoskeleton, the kinetosomal complex might play a role of microtubule-organizing center in the formation of ciliature bracket and skeleton-associated fibers and etc.

Key words: *Euplotes gracilis*; Surface fiber net; Kinetosome; Ciliature skeleton; Skeleton-associated fiber

在纤毛虫中, 皮层细胞骨架 (cortical cytoskeleton) 与细胞形态的保持和纤毛运动有关, 是细胞

收稿日期: 204-05-24; 接受日期: 2004-06-22
基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30270160)
* 通讯作者 (Corresponding author), E-mail: fkgu@bio.ecnu.edu.cn

维普资讯 http://www.cqvip.com

外层的最复杂的功能结构之一。自从 Grim 等（Grim et al，1980；Grim，1982）和 Williams 等（Williams & Bakowska，1982；Williams，1986）应用改进的生化去膜方法和扫描电镜术成功地显示了纤毛虫局部皮层骨架的三维形态以后，作者等应用改进的生化去膜方法，将纤毛虫皮层细胞骨架的研究又发展到接近对纤毛器水平及其皮层整体水平的了解（Zou & Zhang，1989；Gu & Zhang，1989，1991）。目前所知，纤毛虫皮层细胞骨架以微管纤维为基本成分，组成了纤毛、纤毛器骨架、骨架附属纤维、皮层微管束或微管层等多种骨架结构（Gu & Zhang，1991；Gu & Ji，1996），但是对这些骨架结构的详细建构和定位，及其可能作用等尚不甚了解，主要原因可能是以前采用的方法不能获得更多、更完整的骨架成分，为此作者在本文中对纤毛虫皮层骨架的形态作了进一步的探索。

1 材料和方法

1.1 材 料

所用材料为小游仆虫（*Euplotes gracilis*），在上海市浦东新区川沙镇小河内采集获得。样品据 Kahl（1935）和 Tuffrau（1960）的资料鉴定，并经分离和培养建立纯系。

1.2 方 法

将游仆虫接种在表面皿中培养，在 20 ℃左右的温度下，定时喂食草履唇滴虫（*Chilimonas paramecium*），使无性分裂生殖的纤毛虫达到较高的密度。

在体视显微镜下，取处于非分裂阶段的游仆虫，按 Zou et al（1990）报告的方法，适当改变处理时间，抽提皮层细胞骨架。抽提液配方：0.25 mol/L 蔗糖，SEMT 液［1 mol/L 蔗糖，1 mmol/L EDTA，0.1%（v/v）β－巯基乙醇，10 mmol/L Tris-HCl（pH 9.3）］，10%（v/v）Triton X-100，2.5%（v/v）戊二醛，按 6:10:2:1 比例混合。此后，按 Gu & Ni（1993）报告的方法，将骨架样品用 15%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%、95%、100% 梯度酒精脱水，Hitachi HCP-2 临界点干燥仪干燥，Hitachi HUS-5GB 真空镀膜台喷镀，JXA-840 扫描电镜观察和照相。

2 结 果

2.1 背、腹面网状骨架和表膜下纤维层

经短时间抽提后，尚见游仆虫背面存在完整的纤维网。其中，背纤毛列的部分纤毛被去除后，留下纤毛孔，在每个纤毛列右侧有突起的嵴，于每两列背纤毛间有 4 列纤维网格，各个网格由 2 根平行的纤维围绕而成，呈不规则的五角或六角形；相邻网格间纤维物质共用（图 1）。去除全部背纤毛后，背嵴已不存在，在原纤毛基部留下由纤维围成的小孔，许多情况下，纤维网由单根纤维连接组成，其相邻的纤维网与纤毛孔纤维相连续（图 2）。

游仆虫腹面布满大小不一的多角形或椭圆形纤维网，各个网格由粗细相近的单线纤维围绕而成，相邻网格间纤维物质共用。在整个腹面纤维网中，额腹横棘毛基部按既定的纤毛图式占据了网区中的一定位置（图 3）。

腹面表膜被去除后，在留有腹面纤维网的网格下暴露出一纤维层，即表膜下纤维层，该纤维层与腹面纤维网间隔很小的距离，它是由粗细相近的纵纤维和横纤维交错在一起形成的薄薄的一层（图 4）。

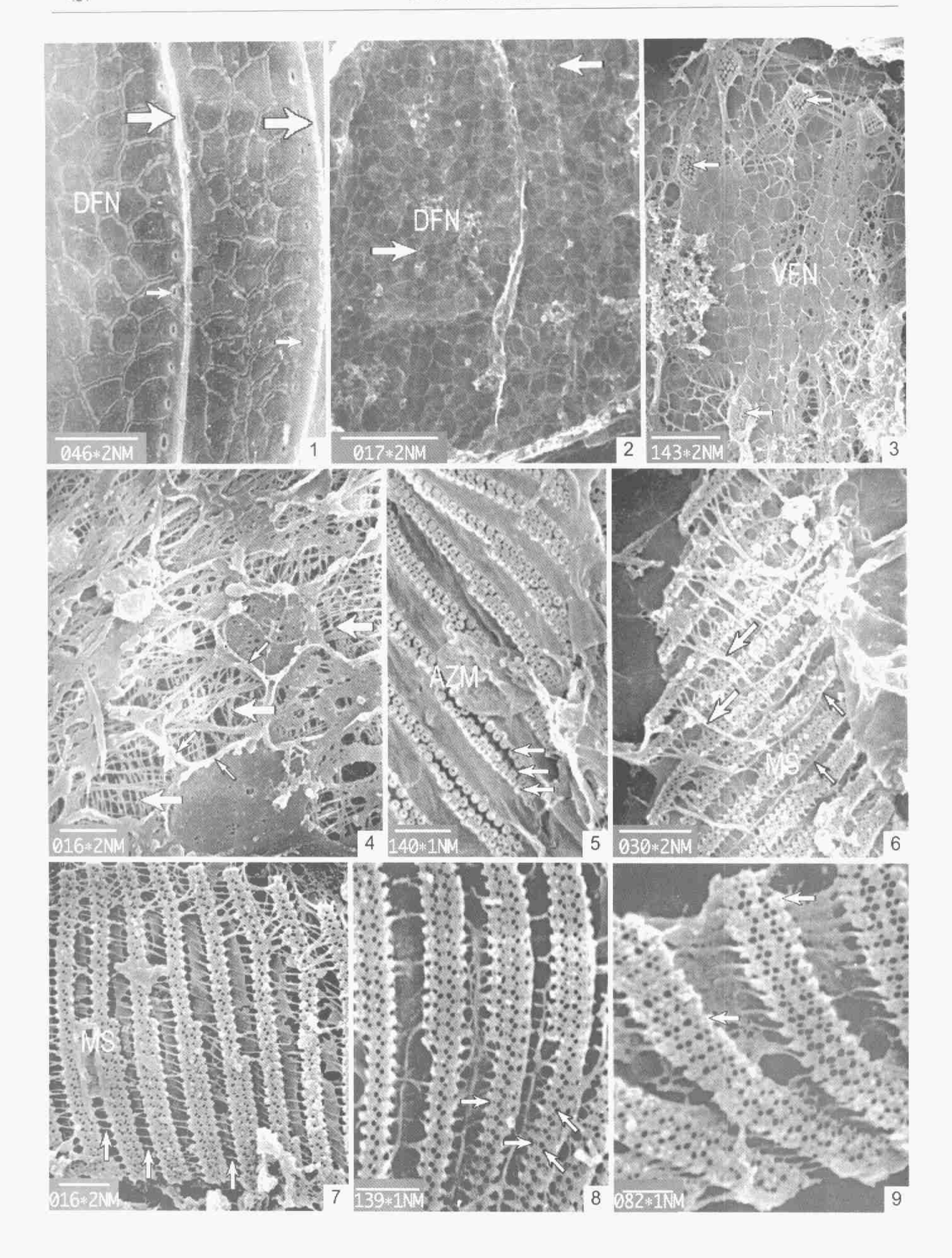
2.2 口围带骨架

去纤毛杆后，口围带小膜留下裸毛基体列，每个小膜由 3 列基体组成，为长条形，其各个毛基体整齐排列，从表面观察，呈中空的球形（图 5）。去膜后，在整个口围带区暴露出由纤维编织成的各个按序排列的小膜骨架单元。每个小膜骨架上有 3 列毛基体，其中前一列短，后两列长。在骨架左侧分化出几根纤维，纤维聚集成一束，向后端细胞质伸展，该纤维束为小膜骨架后小根纤维（图 6）。在两个小膜骨架间于前、后相邻的两列小膜基体间均有一根纤维连接，例如在口围带骨架中部，两小膜骨架间的连接纤维有 30 多根（图 7）。此外，在每个小膜骨架后有一根长纤维，该纤维在前、后两骨架间，自右至左平行经过骨架的约 2/3 长度（图 6）。

在各个小膜骨架中，于每列基体内每两个相邻的基体间有两根平行的纤维连接（基体间连接），于前、后两列基体间由斜向的纤维在前、后相邻的基体间形成纤维连接（基体列间连接）（图 8）。

去基体后在基体下水平的口围带骨架中，每个小膜骨架形似一个长条形的薄片，各个小膜骨架单元中纤维形成不同密度的网，其相当于基体下位置的纤维物质紧密聚合在一起。前部和中部口围带骨架中，两部分各个小膜骨架的形态相近（图9），但

维普资讯 http://www.cqvip.com



维普资讯 http://www.cqvip.com

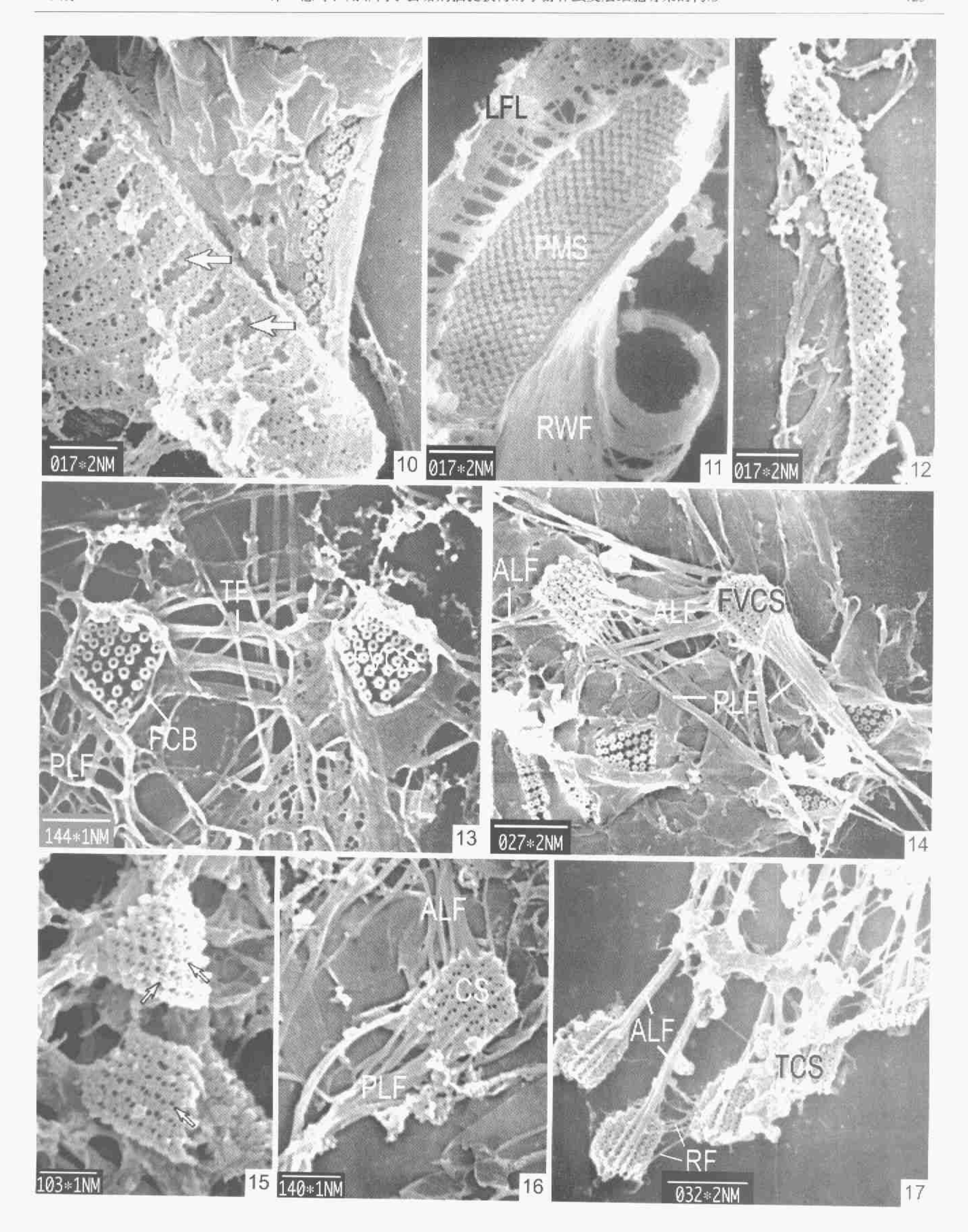


图1—17　小游仆虫背、腹面皮层细胞骨架

Figs. 1－17　Cytoskeleton of dorsal & ventral cortex in *Euplotes gracilis*

1. 除去部分背纤毛后的背面纤维网（DFN）（大箭头示背面嵴，小箭头示纤毛孔）[Dorsal fiber networks (DFN) after de-ciliaed partially (big arrows show dorsal ridges, small arrows show ciliary pores)]；

2. 除去全部背纤毛后的背面纤维网（DFN）（箭头示纤毛孔）[Dorsal fiber networks (DFN) after de-ciliaed completely (arrows show

维普资讯 http://www.cqvip.com

ciliary pores)];
3. 去纤毛后显示的腹面纤维网(VFN)(箭头示部分额棘毛基部)[Ventral fiber networks (VFN) (arrows show a portion of cirral bases) after de-ciliaed];
4. 腹面表膜下纤维层(大箭头所示)和腹面纤维网纤维(小箭头所示)[Fiber layer (big arrows) beneath ventral pellicle, and fibers of VFN (small arrows)];
5. 去纤毛杆后口围带小膜中的基体列(箭头所示)[Kinetosomal rows (arrows) of membranelles in adoral zone of membranelles (AZM) after de-shafted];
6. 口围带小膜骨架(MS)及其骨架后小根纤维(大箭头所示)(小箭头示小膜骨架间一根长纤维)[Membranelle-skeleton (MS) and the subetocytoplasmic rootlets (big arrows) (small arrows show a long filament between MS)];
7. 口围带小膜骨架及其骨架间的纤维连接(箭头所示)[Membranelle-skeletons (MS) and filament links (arrows) between MS];
8. 口围带小膜骨架中基体列内的基体间连接及相邻基体列间的纤维连接[Filament links (arrows) between the kinetosomes within same kinetosomes row or in inter-kinetosomal rows];
9. 前部的口围带小膜骨架(箭头示毛基体基部位置)[Membranelle-skeletons in anterior portion of AZM (arrows show sub-kinetosomal bases)];
10. 后部的口围带小膜骨架(箭头示相邻两小膜骨架间的空隙)[Membranelle-skeleton in posterior portion of AZM (arrows show intervals between MS)];
11. 含毛基体的口侧膜骨架(PMS)及其附属纤维(LFL——纵纤维层,RWF——肋壁纤维)[Paroral membrane skeleton (PMS) with kinetosomes and fibers (or filaments) associated the skeleton (LFC - longitudinal fiber layer, RWF - ribbed wall filaments)];
12. 除去毛基体后的口侧膜骨架(箭头示两部分平行排列的纤维束)[Paroral membrane skeleton (PMS) freed of kinetosomes (arrows show two parts of parallel fibers)];
13—14. 含毛基体的额腹棘毛骨架(FVCS)及其附属纤维(ALF——前纵纤维,PLF——后纵纤维,TF——横纤维,FCB——围棘纤维篮)[Frontal-ventral cirri skeletons (FVCS) and fiber bands (ALF - anterior longitudinal fibers, PLF - posterior longitudinal fibers, TF - transverse fibers, FCB - fibrillar cirri basket)];
15. 棘毛骨架中的连接纤维(箭头所示)[Filament links (arrows) in the cirri skeleton];
16. 除去毛基体后的棘毛骨架(CS)(ALF——前纵纤维,PLF——后纵纤维)[A cirri skeleton freed of kinetosomes (ALF - anterior longitudinal fibers, PLF - posterior longitudinal fibers)];
17. 除去毛基体后的横棘毛骨架(TCS)及其前纵纤维(ALF)和放射纤维(RF)[Transverse cirri skeletons (TCS) freed of kinetosomes (ALF - anterior longitudinal fibers, RF - radiating fibers)]。

后部的小膜骨架排列较紧密,两小膜骨架间仅存在少部分空间(图10)。

2.3 口侧膜骨架

去纤毛后,口侧膜骨架上的裸毛基体显示规则排列的形态,每个毛基体呈中空的球形,相邻基体间有纤维连接。在骨架两侧有强固的纤维层附着,其左侧是口腔肋壁纤维,右侧是一纵纤维层(图11)。去毛基体后,骨架呈一狭带形的薄片,薄片由两部分各平行排列的纤维束交错编织而成,其中形成的规则排布的小孔可能是毛基体附着的位置(图12)。

2.4 额腹横棘毛骨架及其附属纤维

在存在毛基体的额腹棘毛骨架中,骨架外围一层围棘纤维篮,不同位置的棘毛其篮的大小各异,但均显示为不等边多角形,组成篮的外缘纤维粗细相近,篮纤维与前述的表面纤维网在一个平面上并似乎与后者相连续(图13)。在篮的表面下位置由其外缘分别向前、后和横向发出纤维束,穿行于皮层纤维网中,成前纵纤维、后纵纤维和横纤维或放射纤维(图13—14),在每两列基体中的相邻毛基体之间也有纤维连接(图15)。

去毛基体后,暴露出由纤维物质交错编织成的棘毛骨架。每个骨架是一个薄片样结构,其中的纤维疏密相间,形成规则排列的小孔,小孔可能是毛基体着生的位置。骨架附属纤维的纤维条索清晰可见,其纤维根部牢牢地镶嵌在骨架薄片中,部分纤维并穿过整个骨架(图16)。在横棘毛骨架中,前纵纤维自板块样薄片后端穿过骨架向前发出纤维束至细胞前端,此外骨架还发出细小的放射纤维(图17)。

3 讨 论

3.1 细胞表面纤维网是皮层细胞骨架的一部分

应用银浸法显示,游仆虫类纤毛虫的背、腹面有一层与硝酸银物质起反应后沉淀形成的网状结构,其中腹面的网格大小不等,背面的网格大小相近且按规则排布,如同在草履虫(*Paramecium*)中所见的银线网那样,常将这类网状结构称为银线网或嗜银网,其网的形态特征也是种水平分类的依据之一(Tuffrau, 1960)。应用扫描电镜术对锇酸固定液固定的游仆虫样品也可显示其背、腹面的网格,网格的形态与银浸法获得的嗜银网结构相一致(Gu et al, 1987),由此也表明,游仆虫背、腹面的嗜银网是一种实际存在的结构。在本文中应用生化去膜方法提取获得的游仆虫背、腹面网状纤维骨架的整体图形,在其他种游仆虫中未见报道,这与同

维普资讯 http://www.cqvip.com

种游仆虫中嗜银网的形态及其网格的排布等特征是相吻合的。这层位于虫体表面的纤维网，使细胞表面形成区域化状态，除对纤毛虫细胞表膜外表面的加固作用外，可能与细胞表面各部分的联系及其细胞与环境的相互作用有关。

3.2 纤毛器骨架的建构特征

游仆虫皮层细胞骨架中，口围带、口侧膜骨架和额腹横棘毛骨架及骨架附属纤维按各自的分布图式在皮层内定位，成为主要的皮层骨架结构。尽管这些纤毛器骨架具有不同的形态，但却显示出相同的建构特征，例如，纤毛器的毛基体按规则排列着生在纤毛器托架形成的小孔中，纤毛器托架以纤维为单元编织成薄片，骨架附属纤维起始于纤毛器托架并向皮层细胞质伸展，也即，所述的纤毛器骨架都是由纤毛器的毛基体、纤毛器托架和骨架附属纤维三者相互联系镶嵌在一起形成的相对独立的功能单元。这与以前在四膜虫（*Tetrahymena*）（Allen，1967）、草履虫（Ehret & Mcardle，1974）等纤毛虫中所观察到的，单个纤毛基体与基体附属的横微管、纤毛后微管等几者形成的功能单元相比较，也有相似之处。加之以前的工作认为，毛基体与细胞质中的许多微管纤维相联系，是重要的微管组组织中心（Gu，1991）；本文所观察到的纤毛器骨架其三者的结构，除以前所提出的“毛基体托架在纤毛虫细胞皮层中起着微管组织中心的作用”（Pang et al，1992），“骨架附属纤维可能与细胞内各种纤毛器间的联系，以及包括纤毛器运动在内的细胞运动的协调有关”（Gu et al，2003）等认识外，由于细胞的结构与其功能的发挥是密切联系的，游仆虫中各个纤毛器的毛基体复合结构，是纤毛运动的主体，对纤毛器托架和骨架附属纤维等可能起到微管组织中心的作用。

3.3 皮层细胞骨架的其他作用

以前的研究表明，纤毛虫的皮层微管及其他纤维骨架，对细胞形态的保持、形态发生，支持纤毛器及纤毛器运动，以及胞质分裂、核分裂、有性生殖过程中原核的迁移等是有作用的（Gu & Zhang，1991；Santangelo & Bruno，2001）。本文中观察到，围棘纤维篮纤维围绕棘毛基部组成一个表面相对独立的单元，纤维网与围着背纤毛基部的小孔纤维相联系，并且全部纤毛器骨架中的基体间、基体列间连接纤维将相应的基体、基体列或纤毛器单元联系起来，这些纤维结构可能与毛基体及纤毛器的相互间的联系和定位有关；口围带小膜是相当于一个棘毛单元的独立运动单元，小膜骨架间的连接纤维、膜小根纤维对各小膜的联系、定位及协调运动是有作用的；棘毛骨架附属纤维是骨架主体向皮层细胞质远端的延伸结构，并与其他皮层结构发生直接或间接的联系，其作用可能不仅局限于支持、稳定纤毛器骨架及其纤毛器运动，其中横棘毛基部前纵纤维，几乎向前端纵行约细胞的 2/3 长度，这类纤维的存在和作用是值得探索的。

参考文献：

Allen RD. 1967. Fine structure, reconstruction and possible function of components of the cortex of *Tetrahymena pyriformis* [J]. *J. Protozool.*, **14**: 553-565.

Ehret CF, Mcardle EW. 1974. The structure of *Paramecium* as viewed from its constituent levels of organization [A]. In: Wagtendonk WJV. *Paramecium*: A Current Survey [M]. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company. 263-338.

Grim JN. 1982. Subpellicular microtubules of *Euptotes eurystomus*: Their geometry relative to cell form, surface contours and ciliary organelles [J]. *J. Cell Sci.*, **56**: 471-484.

Grim JN, Halcrow KR, Harshbarger RD. 1980. Microtubules beneath the pellicles of two ciliate protozoa as seen with the SEM [J]. *J. Protozool.*, **27** (3): 308-310.

Gu FK. 1991. Introduction to Protozoology [M]. Beijing: Higher Education Press. 180-205. [顾福康. 1991. 原生动物学概论. 北京: 高等教育出版社. 180-205.]

Gu FK, Ji LM. 1996. An ultrastructural study on cortex and macronuclus of *Euplotes encysticus* [J]. *Zool. Res.*, **17** (1): 16-22. [顾福康，季玲妹. 1996. 包囊游仆虫皮层和营养核的超微结构研究. 动物学研究，**17** (1): 16-22.]

Gu FK, Ni B. 1993. The exploration of preparing protozoan speciments for scanning electron microscopy [J]. *J. Chin. Electr. Micros. Soc.*, **12** (6): 525-529. [顾福康，倪 兵. 1993. 原生动物扫描电镜样品制备方法探讨. 电子显微学报，**12** (6): 525-529.]

Gu FK, Zhang ZR. 1989. The morphology of cirral-base-associated fibers in *Euplotes* sp. and their morphogenesis [J]. *Zool. Res.*, **10** (2): 89-96. [顾福康，张作人. 1989. 一种游仆虫棘毛基部纤维的形态及其在形态发生过程中的演化. 动物学研究，**10** (2): 89-96.]

Gu FK, Zhang ZR. 1991. Scanning electron microscopic study on the structures of the cortical fibers in *Euplotes* sp. [J]. *Zool. Res.*, **12** (4): 337-341. [顾福康，张作人. 1991. 一种游仆虫皮层纤维结构的扫描电镜研究. 动物学研究，**12** (4): 337-341.]

Gu FK, Pang YB, Zhang ZR. 1987. Studies on the asexual reproduction of *Euplotes* sp.: Ⅰ. Morphology and nuclear evolution [J]. *Acta Zool. Sin.*, **33** (3): 244-247. [顾福康，庞延斌，张作人. 1987. 一种游仆虫无性分裂生殖的研究——Ⅰ. 形态学和核器的演化. 动物学报，**33** (3): 244-247.]

维普资讯 http://www.cqvip.com

Gu FK, Zou SF, Li YS, Ni B. 2003. Scanning electron microscopic observations on the ventral cortical cytoskeleton of *Euplotes harpa* (Protozoa, Ciliophora) [J]. *Acta Zool. Sin.*, **49** (4): 514-521. [顾福康, 邹士法, 李艺松, 倪 兵. 2003. 镰游仆虫皮层细胞骨架的扫描电镜观察. 动物学报, **49** (4): 514-521.]

Kahl A. 1935. Urtiere oder Protozoa: Ⅰ. Wimpertiere oder Ciliata (Infusoria), 4. Peritricha and Chonotricha [A]. In: Dahl F. Die Tierwelt Deutschlands [M]. Jena: G. Fischer. 621-643.

Pang YB, Fu ZX, Ren HL. 1992. Cortical cytoskeleton structure on *Euploes harpa* [J]. *J. East China Normal Univ.*, (*Special Issue of Neurobiol. and Protozool.*): 46-60. [庞延斌, 傅振幸, 任鸿林. 1992. 镰游仆虫 *Euplotes harpa* 的皮层细胞骨架构造. 华东师范大学学报, (神经生物学和原生动物学专辑): 46-60.]

Santangelo G, Bruno P. 2001. An immunofluorescence technique for staining ciliated protozoans: Highlighting cytoplasmic microtubular arrays and stages of micronuclear meiosis [J]. *Micron*, **32**: 207-210.

Tuffrau M. 1960. Revision du genre *Euplotes* fondee sur la comparasion des structures superficielles [J]. *Hydrobiologia*, **15**: 1-77.

Williams NE. 1986. The nature and organization of filaments in the oral apparatus of *Tetrahymena* [J]. *J. Protozool.*, **33**: 352-358.

Williams NE, Bakowska J. 1982. Scanning electron microscopy of cytoskeleton elements in the oral apparatus of *Tetrahymena* [J]. *J. Protozool.*, **29** (3): 382-389.

Zou SF, Zhang ZR. 1989. Scanning electron-microscopic study on kinetosomal level in *Euplotes affinis* Dujardin (Ciliata, Protozoa) [J]. *Acta Zool. Sin.*, **35** (4): 360-363. [邹士法, 张作人. 1989. 近亲游仆虫 *Euplotes affinis* Dujardin 的毛基体水平的扫描电镜研究. 动物学报, **35** (4): 360-363.]

Zou SF, Hill BF, Tchang TR. 1990. A modified cytoskeletal isolation method for SEM observations for small cell numbers in *Euplotes* (Ciliophora: Hypotrichida) [J]. *Trans. Amer. Micros. Soc.*, **109**: 32.

《动物行为原理与物种保护方法》评介

20世纪末，人们开始注意到动物行为研究在物种保护中的作用。然而，关于动物行为与物种保护的研究才刚刚开始，人们还不甚了解就地（*in situ*）或者迁地（*ex situ*）保护动物时需要考虑的行为学因素。中国野生动物保护事业起步较晚，尤其缺少行为学理论与动物保护方面的研究和实践。

2004年，由中国科学院动物研究所蒋志刚研究员主编的《动物行为原理与物种保护方法》一书由科学出版社出版。这是国内第一本关于动物行为理论与物种保护实践的著作。作者在查阅大量最新文献和总结多年研究工作的基础上，介绍了动物行为学研究历史、行为学研究方法和技术以及行为的激素调节理论等；详细阐述了动物的采食行为、繁殖行为、育幼行为、玩耍行为、通讯行为、聚群行为、领域行为、扩散和迁移等以及这些行为与物种保护的关系；该书还着重探讨了动物行为的时空结构与多样性，总结了行为与生境元素之间的关系。另外，结合我国诸多自然保护实例，该书还介绍了行为学研究在自然保护区设计以及人工繁育野生动物放归中的应用。

Eberhard Curio1996年在 *Trends in Evolution and Ecology* 上发表文章指出，物种保护离不开动物行为学研究。为了提高物种保护行动的成功，应当把保证动物行为的正常发育与表达纳入到管理野生动物的工作中。该书不仅仅停留在文献综述的程度上，作者结合了自己多年的科研工作和培养研究生的经验、体会，融知识、思维方式、实验技能培养于一体，重点阐述了学科新理论、新技术、新方法、新进展。该书内容具有一定的先进性、科学性、实用性、启发性和系统性，适合从事生物学、自然保护、环境保护、行为学和实验生物学的科技工作者、大学生、研究生学习和参考。对于野生动物保护站、动物园和自然保护区的管理工作者来说，该书也有很高的参考价值。

李春旺

(中国科学院动物研究所 100080)

2004年9月